

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-105321

(P2000-105321A)

(43) 公開日 平成12年4月11日 (2000.4.11)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 0 2 B 6/13		G 0 2 B 6/12	M 2 H 0 4 7
G 0 2 F 1/35	5 0 5	G 0 2 F 1/35	5 0 5 2 K 0 0 2
H 0 1 S 5/50	6 3 0	H 0 1 S 3/18	6 9 4 5 F 0 4 1
// H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	C 5 F 0 7 3

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平10-277529

(22) 出願日 平成10年9月30日 (1998.9.30)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 飯塚 紀夫

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

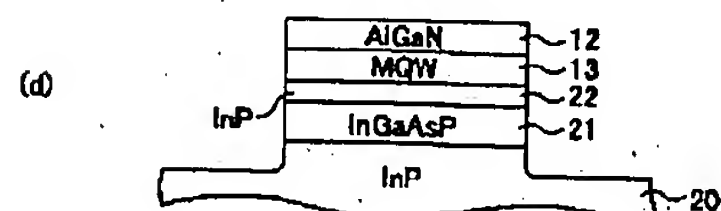
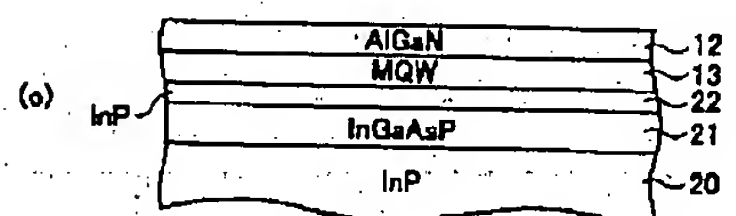
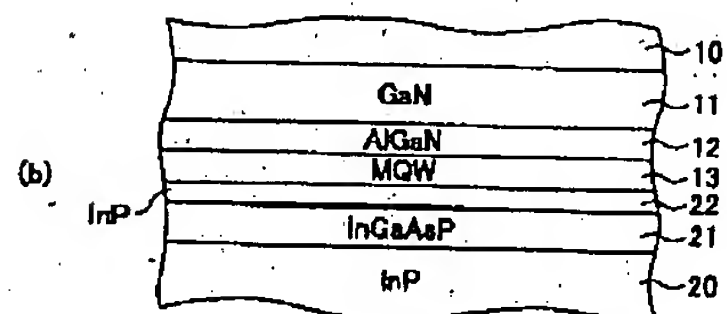
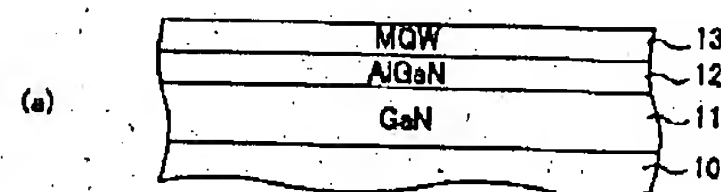
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 窒化物半導体多重量子井戸を形成したサファイア基板を簡便な方法で除去することができ、導波構造の形成が容易となる。

【解決手段】 光半導体素子の製造方法において、サファイア基板10上にGa<sub>0.5</sub>N<sub>0.5</sub>バッファ層11を介してAl<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Nクラッド層12を成長し、その上にサブバンド間遷移による光吸収層として機能するGa<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N/Ga<sub>0.5</sub>N多重量子井戸層13を形成したのち、InP基板20上にInGaAsP層21を介してInP接着層22を形成した半導体基体を、多重量子井戸層13にInP接着層22が接するように重ね、水素雰囲気中800℃、40分間の熱処理により接着し、しかるのち、基板を急冷して熱的応力を印加することによりGa<sub>0.5</sub>N層11を粉砕し、半導体基体からサファイア基板10を切り離す。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】サファイア基板上にGa<sub>1-x</sub>N層とAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N (0<x≤1)層とを順次積層し、その上部の少なくとも一部に、サブバンド間遷移による光吸収層として機能する窒化物半導体多重量子井戸層を積層する工程と、

次いで前記サファイア基板上に形成した各層からなる窒化物半導体積層構造上に、III-V族半導体からなり、砒素又は燐の少なくとも一方をV族元素として含有する半導体基体を接着する工程と、

次いで熱的又は機械的応力を印加することにより前記Ga<sub>1-x</sub>N層を粉砕し、前記窒化物半導体積層構造から前記サファイア基板を切り離す工程とを含むことを特徴とする光導波素子の製造方法。

【請求項2】前記Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層のAl組成xを0.6以上に設定したことを特徴とする請求項1記載の光導波素子の製造方法。

【請求項3】前記半導体基体として、InP基板又は、InP基板上にInをIII族元素として含む砒素又は燐の少なくとも一方をV族元素として含む半導体層を形成したものをを用いることを特徴とする請求項1記載の光導波素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光スイッチ、光変調器、波長変換素子などの光導波素子に係わり、特に作成プロセスの改良をはかった光導波素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体レーザ、低損失光ファイバ、光ファイバ増幅器、高速集積回路などのオプトエレクトロニクス関連技術の発展により、毎秒10ギガビットという大量の情報を長距離伝送することが可能となっている。しかし、来るべきマルチメディア時代においては、一般の末端利用者が高精細映像情報などの大量の情報をリアルタイムで利用できることになるので、さらに大容量の情報を伝送、処理できるインフラストラクチャーの構築が必要になる。

【0003】光ファイバの高帯域性を活かして大容量の情報伝送、処理を行うには、光周波数多重（光FDM）技術や光時分割多重（光TDM）技術を用いるのが妥当と考えられる。そこで、大規模で効率的な光FDMネットワークや光TDMネットワークの実現に向けて、コンパクトで高効率の波長変換素子、光制御型の超高速非線形光スイッチなどの、新しい機能を有する光導波素子を開発することが急務となっている。

【0004】このような光導波素子として、電子のサブバンド間遷移に伴う光吸収を応用した非線形光デバイスが考えられる。サブバンド間吸収を利用することにより、応答速度を高く、かつ非線形性を大きくすることが

できる。このサブバンド間吸収層は、光通信で用いられる1.55μm付近の波長で動作する必要がある。サブバンド間吸収については、InP基板上に形成したInGaAs/AlAs量子井戸層を用いてこの波長での吸収が報告されている（J.H.Smet et al., Appl. Phys. Lett., Vol. 64, pp986-987(1994)）。しかしながら、この材料系の場合、サブバンド間遷移の緩和時間は2〜3ピコ秒であり、将来的に必要とされる、Tb/sの通信速度には対応できない。

10 【0005】一方、Ga<sub>1-x</sub>NやAlNのような窒化物半導体量子井戸中のサブバンド間遷移の緩和時間は100フェムト秒程度であると理論的に計算されており、Tb/sの通信速度に十分対応できる。窒化物半導体多重量子井戸中のサブバンド間遷移を応用してスイッチング素子を形成しようとする場合の望ましい形態は、例えばInPなどで構成される半導体導波路に接合するものである。このような形態とすることで、InP基板やGaAs基板上に形成した光増幅素子などの光デバイスとの集積化が可能となり、素子の小型化、低消費電力化が可能となる。

20 【0006】しかしながら、窒化物半導体を他の半導体に接合した後、導波構造を実現するためには、窒化物半導体を成長した基板を加工する必要がある。一般に用いられる基板の厚さは数100μmの厚さがあり、これをエッチング等により削り去るには多大な時間を要する。また、基板として現在最も良く用いられているサファイア基板の場合には硬度が非常に高く、エッチングにより加工するのが非常に困難である。

【0007】

30 【発明が解決しようとする課題】このように従来、窒化物半導体多重量子井戸を異種半導体に接合して導波構造を形成しようとしても、窒化物半導体の成長基板を除去するのが難しく、これが高速通信可能な光導波素子の実現を妨げる要因となっていた。

【0008】本発明は、上記事情を考慮して成されたもので、その目的とするところは、窒化物半導体成長基板を簡便な方法で除去することができ、導波構造の形成を容易に実現できる光導波素子の製造方法を提供することにある。

40 【0009】

【課題を解決するための手段】（構成）上記課題を解決するために本発明は次のような構成を採用している。即ち本発明は、光導波素子の製造方法において、サファイア基板上にGa<sub>1-x</sub>N層とAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N (0<x≤1)層とを順次積層し、その上部の少なくとも一部に、サブバンド間遷移による光吸収層として機能する窒化物半導体多重量子井戸層を積層する工程と、次いで前記サファイア基板上に形成した各層からなる窒化物半導体積層構造上に、III-V族半導体からなり、砒素又は燐の少なくとも一方をV族元素として含有する半導体基体を接着す

る工程と、次いで熱的又は機械的応力を印加することにより前記Ga<sub>0.8</sub>N層を粉砕し、前記窒化物半導体積層構造から前記サファイア基板を切り離す工程とを含むことを特徴とする。

【0010】ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものがあげられる。

(1) Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層のAl組成xを0.6以上に設定したこと。

(2) Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層の厚さは、0.5～2.5μmの範囲であること。

(3) 半導体基体として、InP基板又は、InP基板上にInをIII族元素として含み砒素又は燐の少なくとも一方をV族元素として含む半導体層を形成したものをを用いること。

【0011】(4) サファイア基板の剥離のためにGa<sub>0.8</sub>N層を粉砕する方法として、接着した基板全体を加熱した後急冷すること。

(5) サファイア基板の剥離のためにGa<sub>0.8</sub>N層を粉砕する方法として、接着した基板全体に機械的応力を加えて撓ませること。

【0012】(作用) 本発明者らの実験によれば、サファイア基板上にMOCVD法にてGa<sub>0.8</sub>Nを約1.7μm成長した後、Al<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>Nを約0.05μm成長し、MOCVD装置から取り出し、断面をSEM(走査型顕微鏡)で観察したところ、図2に示すように、Ga<sub>0.8</sub>N層の一部が粉砕され、Al<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>N層が底状に残っているのが観察された。このことから、Ga<sub>0.8</sub>Nが格子定数の異なるAl<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>Nによって強い応力を受けるために内部に無数の格子欠陥が発生し、成長終了後の降温過程や、SEM観察のための劈開などの、熱的又は機械的ストレスによって容易に粉砕されてしまうと考えられる。

【0013】なお、Ga<sub>0.8</sub>Nが粉砕する現象をさらに詳細に調べたところ、このような現象はAl組成が大きいほど、また厚さが厚いほど顕著に発生することが分かった。より具体的には、Al<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>NのAl組成が0.6以上で、かつAl<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>Nの厚さが0.5μm以上であれば、Ga<sub>0.8</sub>Nを確実に粉砕除去できることが分かった。さらに、Al<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>Nの厚さがあまり厚くなるとAl<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>N自体の結晶品質が悪くなるため、Al<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>Nの厚さは2.5μm以下であるのが望ましいのも分かった。

【0014】本発明は、上記の発見による実験事実を応用するものである。即ち、まずサファイア基板上にGa<sub>0.8</sub>N層を成長し、続いてAl<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>N層を成長する。引き続き、サブバンド間吸収層である多重量子井戸層を成長した後、徐々に室温まで降温する。このようにして作成された窒化物半導体層は、降温過程が緩やかであるためにまだGa<sub>0.8</sub>N層は粉砕されていない。

【0015】次いで、これにInPなどの半導体基板を重ね、800℃程度の温度で加熱することで窒化物半導体積層構造と接着する。その後、室温まで急冷すること

で上記Ga<sub>0.8</sub>N層に熱的ストレスを加え、粉砕する。このようにしてサファイア基板をAl<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>N層から除去することができ、一方Al<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>N層及び多重量子井戸層は上記InPなどの半導体基板に接着されてまま残存するので、エッチング等により簡便に導波構造を形成できる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。図1は、本発明の一実施形態に係る光導波素子の製造工程を示す断面図である。

10 【0017】まず、図1(a)に示すように、(0001)面のサファイア基板10の上にMOCVD法にて、トリメチルガリウム及びアンモニアガスを用いて、厚さ1.7μmのGa<sub>0.8</sub>Nバッファ層11、さらにトリメチルアルミニウムを加えて厚さ500nmのAl<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>Nからなるクラッド層12、厚さ3nmのAl<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>Nと厚さ1.5nmのSiを2×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>ドープしたGa<sub>0.8</sub>Nからなる井戸数30の多重量子井戸層13を順次積層する。

20 【0018】成長終了後、基板温度を300℃までアンモニアガスを供給しながら20分間かけて徐々に降温し、その後、室温になるまで水素雰囲気中で放置した後、取り出す。

【0019】次いで、図1(b)に示すように、InP基板20上にMOCVD法で厚さ1μmのIn<sub>0.77</sub>Ga<sub>0.23</sub>As<sub>0.5</sub>P<sub>0.5</sub>層21、厚さ0.1μmのInP接着層22を順次積層したものを、接着層22が多重量子井戸層13に接するように重ね合わせ、水素雰囲気中で800℃、40分間加熱することにより接着する。

30 【0020】次いで、2分間で200℃以下になるまで急冷する。このようにすることにより、基板全体に熱的な応力が加わり、図1(c)に示すように、Ga<sub>0.8</sub>N層11が粉砕されサファイア基板10が容易に剥離できる。その後、残存しているGa<sub>0.8</sub>Nの破片を完全に除去するためにメタノール中で洗浄する。

40 【0021】次いで、反応性イオンエッチング(RIE)で窒化物半導体積層構造を所望形状にエッチングし、さらに化学エッチングにより、InP層22/InGaAsP層21をInP基板20に達するまでエッチングすることにより、図1(d)に示すような断面構造を有する導波構造を形成する。このような導波構造においては、光はInP基板20とAl<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>Nクラッド層12との間を伝搬する。

【0022】このように本実施形態によれば、サファイア基板10上にGa<sub>0.8</sub>Nバッファ層11、Al<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>N層12、Al<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>N/Ga<sub>0.8</sub>Nの多重量子井戸層13を順次積層した基体と、InP基板20上にInGaAsP層21、InP接着層22を積層した基体とを、多重量子井戸層13に接着層22が接するように接着した後、これらの基体を急冷して熱的応力を印加することにより、Ga<sub>0.8</sub>Nバッファ層11を粉砕して各基体を切り離すことが



できる。

【0023】即ち、窒化物半導体の成長基板であるサファイア基板10をInP基板20側から簡便な方法で除去することができ、光増幅素子などの光デバイスを形成したInP基板に窒化物半導体多重量子井戸を接合した導波構造を実現することができる。このため、InP基板20の上に、AlGa<sub>0.8</sub>N/GaNの多重量子井戸層13を光吸収層として形成した高速通信可能な光導波素子を作成することが可能となる。

【0024】なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。実施形態においては、クラッド層をAl<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>Nで構成したが、この代わりにAlNを用いてもよい。要は、粉砕すべきAlを含まないGaN層に対してAlを含む窒化物半導体層であればよい。GaNバッファ層をより確実に粉砕するためには、Al組成xが0.6以上であり、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Nの厚さは0.5～2.5μmの範囲が望ましい。

【0025】実施形態では、InP基板上にInGaAsP層等を形成したが、InP基板を直に接着するようにしても良い。また、InP基板の代わりにGaAs基板を用いることも可能である。さらに、InP基板やGaAs基板等の上には発光素子や受光素子、変調器等の光デバイスが形成されていても良い。

【0026】実施形態ではサファイア基板側とInP基

板側を接着した後に急冷することでサファイア基板を剥離したが、この代わりに機械的応力を加える、例えば基板全体を撓ませることで剥離することも可能である。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0027】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、光デバイス等を形成したInPやGaAs基板側から窒化物半導体多重量子井戸層の成長基板であるサファイア基板を簡便な方法で除去することができ、高速通信可能な光導波素子を作成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

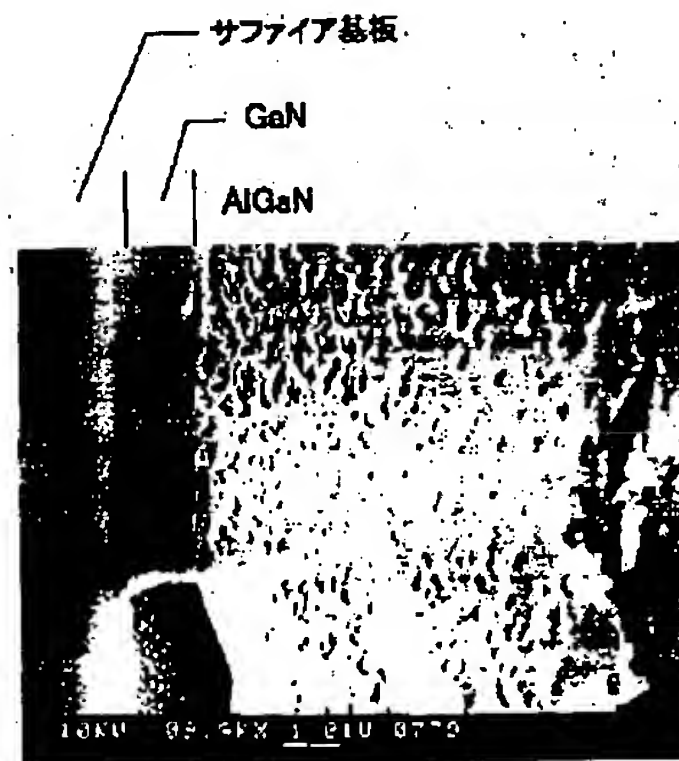
【図1】本発明の一実施形態に係わる光導波素子の製造工程を示す断面図。

【図2】サファイア基板上に形成したGaN層の粉砕の様子を示す顕微鏡写真。

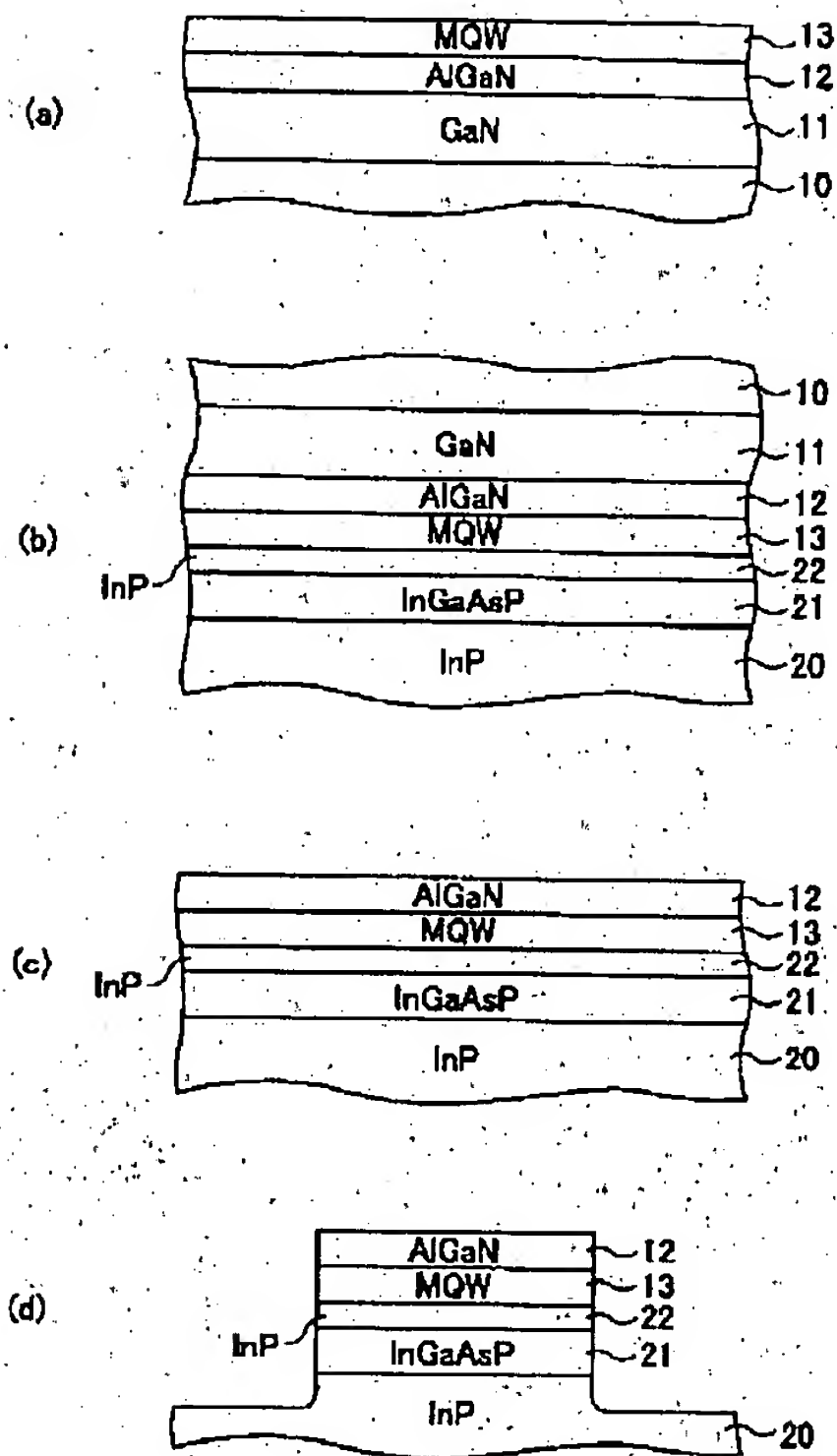
【符号の説明】

- 10…サファイア基板
- 11…GaNバッファ層
- 12…AlGa<sub>0.8</sub>Nクラッド層
- 13…多重量子井戸層
- 20…InP基板
- 21…InGaAsP層
- 22…InP接着層

【図2】



【図1】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H047 KA05 PA00 PA06 PA24 QA02  
 QA07 RA00 RA08 TA00  
 2K002 AB09 CA13 DA03 EA08 FA05  
 HA00  
 5F041 AA00 CA65 CA77 FF14  
 5F073 AA74 CA07 CB02 CB07 DA05  
 DA11 DA22 DA25 DA35

DERWENT-ACC-NO: 2000-334460

DERWENT-WEEK: 200029

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Optical waveguide element manufacturing  
method for wavelength converter, involves applying  
mechanical stress for pulverizing gallium nitride layer  
after rapid cooling

PATENT-ASSIGNEE: TOSHIBA KK[TOKE]

PRIORITY-DATA: 1998JP-0277529 (September 30, 1998)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES MAIN-IPC		
JP 2000105321 A	April 11, 2000	N/A
005 G02B 006/13		

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP2000105321A	N/A	1998JP-0277529
September 30, 1998		

INT-CL (IPC): G02B006/13, G02F001/35, H01L033/00,  
H01S005/50

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2000105321A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - AlGaIn clad layer (12) is formed over sapphire substrate (10) and GaAlN multiple quantum layer (13), via GaN buffer layer (11). InP cementing layer (22) of a semiconductor base is bonded to the quantum layer. The sapphire substrate is removed by the application of mechanical stress for pulverizing buffer layer after rapid cooling.

DETAILED DESCRIPTION - AlGaIn clad layer (12) is formed between the GaN buffer layer (11) and the quantum well layer (13).

USE - For manufacturing optical waveguide element used in optical switch, optical modulator, wavelength converter, semiconductor laser, optical fiber amplifier, low loss optical fiber, high speed IC.

ADVANTAGE - Sapphire substrate from InP layer is detached easily.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the sectional view of optical waveguide manufacturing process.

Substrate 10

Buffer layer 11

Clad layer 12

Quantum layer 13

Cementing layer 22

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/2

TITLE-TERMS: OPTICAL WAVEGUIDE ELEMENT MANUFACTURE METHOD  
WAVELENGTH CONVERTER

APPLY MECHANICAL STRESS GALLIUM NITRIDE LAYER AFTER  
RAPID COOLING

DERWENT-CLASS: L03 P81 U12 U14 V07 V08 W05

CPI-CODES: L03-G02; L04-A02; L04-A02C;

EPI-CODES: U12-A01; U14-K01A1C; U14-K01A4C; V07-K; V08-A04A;  
W05-E05B;

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C2000-101712

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2000-252151

## \*\*NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Especially this invention relates to the manufacture approach of a photoconductive wave component of having aimed at amelioration of a creation process, with respect to photoconductive wave components, such as an optical switch, an optical modulator, and a wavelength sensing element.

[0002]

[Description of the Prior Art] It is possible to transmit a lot of information of 10 gigabits/s over long distances in recent years by development of optoelectronics related techniques, such as semiconductor laser, low-loss optical fiber, optical fiber amplifier, and a high-speed integrated circuit. However, in the multimedia age which should come, since ordinary end users can also use a lot of [ highly minute image information etc. ] information on real time, construction of the infrastructure which can transmit further mass information and can be processed is needed.

[0003] In order to perform a mass information transmission and processing taking advantage of the high bandwidth nature of an optical fiber, it is thought appropriate to use an optical frequency multiplex (optical FDM) technique and a light-hour division multiplex (light TDM) technique. Then, it is pressing need to develop the photoconductive wave component which has new functions, such as a compact and efficient wavelength sensing element and a ultra high-speed nonlinear optical switch of an optical control mold, towards implementation of a large-scale and efficient optical FDM network or an optical TDM network.

[0004] The nonlinear light device to which the light absorption accompanying electronic sub interband transition was applied as such a photoconductive wave component can be considered. By using absorption between subbands, it is high in a speed of response, and nonlinearity can be enlarged. This subbands absorption layer needs to operate on the wavelength near [ which is used by optical communication ] 1.55 micrometer. About absorption between subbands, absorption on this wavelength is reported using the InGaAs/AlAs quantum well layer formed on the InP substrate (J. H. Smet et al., Appl. Phys. Lett., Vol. 64, pp 986-987 (1994)). However, in the case of this ingredient system, the relaxation time of sub interband transition is 2 - 3 picosecond, and cannot respond to the transmission speed of Tb/s needed in the future.

[0005] On the other hand, the relaxation time of the sub interband transition in a nitride semi-conductor quantum well like GaN or AlN is theoretically calculated with it being about 100 femtoseconds, and can respond to the transmission speed of Tb/s enough. The desirable gestalt in the case of applying the sub interband transition in a nitride semi-conductor multiplex quantum well, and forming a switching element is joined to the semiconductor waveguide which consists of InP(s) etc. By considering as such a gestalt, integration with optical devices, such as an optical amplification component formed on the InP substrate or the GaAs substrate, is attained, and the miniaturization of a component and low-power-ization are attained.

[0006] However, after joining a nitride semi-conductor to other semi-conductors, in order to realize guided wave structure, it will be necessary to process the substrate which grew the nitride semi-conductor. The thickness of several 100 micrometers has the thickness of the substrate generally used, and time amount great for deleting this away by etching etc. is required. Moreover, in the case of the silicon on sapphire used present best as a substrate, a degree of hardness is very high, and it is very difficult to process it by etching.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, even if it was going to join the nitride semi-conductor multiplex quantum well to the different-species semi-conductor and was going to form guided wave structure conventionally, removing the growth substrate of a nitride semi-conductor had become the factor which bars implementation of being difficult and the photoconductive wave component which this can communicate [ high-speed ].



[0008] The place which accomplished this invention in consideration of the above-mentioned situation, and is made into the purpose can remove a nitride semi-conductor growth substrate by the simple approach, and is to offer the manufacture approach of a photoconductive wave component that formation of guided wave structure is easily realizable.

[0009]

[Means for Solving the Problem] (Configuration) In order to solve the above-mentioned technical problem, this invention has adopted the following configurations. Namely, this invention carries out the laminating of a GaN layer and the  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 < x \leq 1$ ) layer one by one on silicon on sapphire in the manufacture approach of a photoconductive wave component. The process which carries out the laminating of the nitride semi-conductor multiplex quantum well layer which functions as a light absorption layer by sub interband transition on a part of the upper part [ at least ], Subsequently, the process which pastes up the semi-conductor base which consists of an III-V group semi-conductor, and contains either [ at least ] arsenic or phosphorus as a V group element on the nitride semi-conductor laminated structure which consists of each class formed on said silicon on sapphire, Subsequently, by impressing mechanical stress, said GaN layer is ground and it is characterized by thermal or including the process which separates said silicon on sapphire from said nitride semi-conductor laminated structure.

[0010] Here, the following are raised as a desirable embodiment of this invention.

(1) The aluminum presentation  $x$  of an  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  layer was set or more to 0.6.

(2) The range of  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  layer thickness should be 0.5-2.5 micrometers.

(3) As a semi-conductor base, it is In on an InP substrate or an InP substrate. Use the thing in which the semi-conductor layer which contains as an III group element and contains either [ at least ] arsenic or phosphorus as a V group element was formed.

[0011] (4) Quench after heating the pasted-up whole substrate as an approach of grinding a GaN layer for exfoliation of silicon on sapphire.

(5) As an approach of grinding a GaN layer for exfoliation of silicon on sapphire, mechanical stress is applied to the pasted-up whole substrate, and sag it.

[0012] (Operation) according to an experiment of this invention persons -- a silicon-on-sapphire top -- MOCVD -- after about 1.7 micrometers grew GaN in law, when about 0.05 micrometers grew, aluminum<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>N was taken out from the MOCVD system and the cross section was observed by SEM (scan mold microscope), as shown in drawing 2, a part of GaN layer was ground and it was observed that the AlGaN layer remains in the shape of eaves. In order that GaN may receive strong stress from this by AlGaN from which a lattice constant differs, a countless lattice defect occurs inside, and it is thought that it will be easily ground by thermal or mechanical stress, such as a temperature fall process after growth termination and cleavage for SEM observation.

[0013] In addition, when the phenomenon which GaN pulverizes was further investigated in the detail, it turned out that such a phenomenon is generated so notably that thickness is so thick that aluminum presentation is large. When aluminum presentation of AlGaN was 0.6 or more and the thickness of AlGaN was 0.5 micrometers or more, more specifically, it turned out that the grinding removal of the GaN can be carried out certainly. Furthermore, since the crystal quality of the AlGaN itself would worsen if the thickness of AlGaN becomes not much thick, the thickness of AlGaN also understood one with desirable it being 2.5 micrometers or less.

[0014] This invention applies the experiment fact by the above-mentioned discovery. That is, an AlGaN layer is first grown up and grown up continuously in a GaN layer on silicon on sapphire. Then, after growing up the multiplex quantum well layer which is a subbands absorption layer, the temperature is gradually lowered to a room temperature. Thus, since the created nitride semi-conductor layer has the loose temperature fall process, the GaN layer is not ground yet.

[0015] Subsequently, semi-conductor substrates, such as InP, are put on this, and it pastes up with a nitride semi-conductor laminated structure by heating at the temperature of about 800 degrees C. Then, thermal stress is added and ground in the above-mentioned GaN layer by quenching to a room temperature. Thus, since silicon on sapphire can be removed from an AlGaN layer, an AlGaN layer and a multiplex quantum well layer are pasted up on semi-conductor substrates, such as Above InP, on the other hand and it often remains, guided wave structure can be formed simple by etching etc.

[0016]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, therefore, it explains to the operation gestalt of illustration of the detail of this invention. Drawing 1 is the sectional view showing the production process of the photoconductive wave component concerning 1 operation gestalt of this invention.

[0017] first, it is shown in drawing 1 (a) -- as -- the silicon-on-sapphire 10 top of a field (0001) -- MOCVD -- in law

Trimethylgallium and ammonia gas are used. The GaN buffer layer 11 with a thickness of 1.7 micrometers, Furthermore, trimethylaluminum In addition, the cladding layer 12 and aluminum<sub>0.6</sub>GaN<sub>0.4</sub> with a thickness of 3nm which consist of thickness 500nmAl<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>N The laminating of the multiplex quantum well layer 13 with 30 wells which consist of GaN(s) which doped Si with a thickness of 1.5nm  $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  is carried out one by one.

[0018] After growth termination, the temperature is lowered gradually, substrate applying it for 20 minutes, supplying ammonia gas to 300 degrees C, and it takes out, after leaving it in a hydrogen ambient atmosphere until it becomes a room temperature after that.

[0019] subsequently, it is shown in drawing 1 (b) -- as -- the InP substrate 20 top -- MOCVD -- law -- In<sub>0.77</sub>Ga<sub>0.23</sub>As<sub>0.5</sub>P<sub>0.5</sub> with a thickness of 1 micrometer 800 degrees C of things which carried out the laminating of a layer 21 and the InP glue line 22 with a thickness of 0.1 micrometers one by one are pasted up by heating for 40 minutes in superposition and a hydrogen ambient atmosphere so that a glue line 22 may touch the multiplex quantum well layer 13.

[0020] Subsequently, it quenches until it becomes 200 degrees C or less in 2 minutes. By doing in this way, as thermal stress joins the whole substrate and it is shown in drawing 1 (c), the GaN layer 11 is ground and silicon on sapphire 10 can exfoliate easily. Then, in order to remove the fragment of extant GaN completely, it washes in a methanol.

[0021] Subsequently, the guided wave structure of having cross-section structure as shown in drawing 1 (d) is formed by etching a nitride semi-conductor laminated structure into a request configuration by reactive ion etching (RIE), and etching InP layer 22 / InGaAsP layer 21 by chemical etching, further, until it reaches the InP substrate 20. In such guided wave structure, light spreads between the InP substrate 20 and the AlGaIn cladding layers 12.

[0022] Thus, the base which carried out the laminating of the GaN buffer layer 11, the AlGaIn layer 12, and the multiplex quantum well layer 13 of AlGaIn/GaN one by one on silicon on sapphire 10 according to this operation gestalt, By quenching these bases and impressing thermal stress, after pasting up the base which carried out the laminating of the InGaAsP layer 21 and the InP glue line 22 on the InP substrate 20 so that a glue line 22 may touch the multiplex quantum well layer 13 The GaN buffer layer 11 can be ground and each base can be separated.

[0023] That is, the silicon on sapphire 10 which is a growth substrate of a nitride semi-conductor can be removed from the InP substrate 20 side by the simple approach, and guided wave structure which joined the nitride semi-conductor multiplex quantum well to the InP substrate in which optical devices, such as an optical amplification component, were formed can be realized. For this reason, it becomes possible to create the photoconductive wave component which formed the multiplex quantum well layer 13 of AlGaIn/GaN as a light absorption layer on the InP substrate 20 and in which a high-speed communication link is possible.

[0024] In addition, this invention is not limited to the operation gestalt mentioned above. In an operation gestalt, although the cladding layer was constituted from aluminum<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>N, AlN may instead be used. What is necessary is just the nitride semi-conductor layer which contains aluminum to the GaN layer which does not contain aluminum which should be ground in short. In order to grind a GaN buffer layer more certainly, the aluminum presentation x is 0.6 or more, and the thickness of Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N has the desirable range of 0.5-2.5 micrometers.

[0025] Although the InGaAsP layer etc. was formed on the InP substrate, you may make it paste up an InP substrate soon with an operation gestalt. Moreover, it is also possible to use a GaAs substrate instead of an InP substrate. Furthermore, on the InP substrate, the GaAs substrate, etc., optical devices, such as a light emitting device, a photo detector, and a modulator, may be formed.

[0026] Although silicon on sapphire was exfoliated by quenching after pasting up a silicon-on-sapphire and InP substrate side with the operation gestalt, it is also possible to instead apply mechanical stress, for example, to exfoliate by sagging the whole substrate. In addition, in the range which does not deviate from the summary of this invention, it can deform variously and can carry out.

[0027]  
[Effect of the Invention] As explained in full detail above, the silicon on sapphire which is a growth substrate of a nitride semi-conductor multiplex quantum well layer can be removed from an InP [ which formed the optical device etc. according to this invention ], and GaAs substrate side by the simple approach, and it becomes possible to create the photoconductive wave component in which a high-speed communication link is possible.

---

[Translation done.]